



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2010104061/28, 05.02.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.02.2010

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.02.2010

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2011 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 27.11.2011 Бюл. № 33

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2297623 C1, 20.04.2007. RU 2189057
C2, 10.09.2002. JP 59060273 A, 06.04.1984. JP
60205386 A, 16.10.1985.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул.Мира, 19,
УрФУ, центр интеллектуальной
собственности, Т.В. Маркс

(72) Автор(ы):

Шеин Александр Сергеевич (RU),
Викторов Леонид Викторович (RU),
Кузнецов Алексей Юрьевич (RU),
Новоселов Юрий Николаевич (RU),
Шульгин Борис Владимирович (RU),
Глазачев Иван Вадимович (RU),
Калугина Юлия Сергеевна (RU),
Чолах Сеиф Османович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

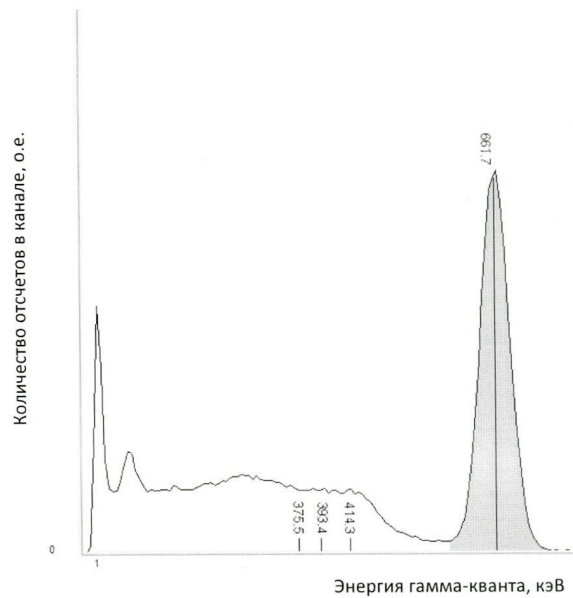
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.Ельцина"
(RU)

(54) СПОСОБ КОНТРОЛЯ ДЕЛЯЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области
радиационного контроля с использованием
сцинтилляционных детекторов и
предназначено для контроля делящихся
материалов U-235 и Pu-239. Технический
результат - антиинтрузивность контроля
ядерных боезарядов в головках ракет в
реальных условиях санкционированной
инспекции. Контроль проводится с помощью
спектрометрического сцинтилляционного
детектора гамма-излучения путем анализа
спектров гамма-излучения проверяемых
объектов с делящимися материалами, который

проводит проверяющая сторона в
спектральном диапазоне 2-700 кэВ, причем
проверяемая сторона перед началом
санкционированного инспекционного
контроля создает помехи измерениям, для чего
устанавливает перед входом сцинтилляторного
детектора, принадлежащего проверяющей стороне, два
дополнительных гамма-излучателя Ce-139 и Cs-
137 и металлический ослабитель гамма-
излучения в виде фигуры с переменным
сечением, форма которого неизвестна
проверяющей стороне. 3 ил.



Фиг. 3

RU 2 4 3 5 1 7 3 C 2

RU 2 4 3 5 1 7 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2010104061/28, 05.02.2010**(24) Effective date for property rights:
05.02.2010

Priority:

(22) Date of filing: **05.02.2010**(43) Application published: **10.08.2011 Bull. 22**(45) Date of publication: **27.11.2011 Bull. 33**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul.Mira, 19, UrFU,
tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Shein Aleksandr Sergeevich (RU),
Viktorov Leonid Viktorovich (RU),
Kuznetsov Aleksej Jur'evich (RU),
Novoselov Jurij Nikolaevich (RU),
Shul'gin Boris Vladimirovich (RU),
Glazachev Ivan Vadimovich (RU),
Kalugina Julija Sergeevna (RU),
Cholakh Seif Osmanovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N.El'tsina" (RU)****(54) METHOD OF DETECTING FISSILE MATERIALS**

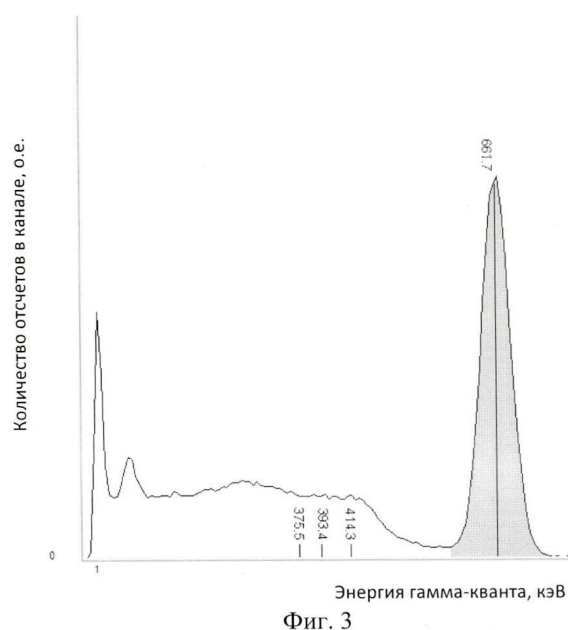
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: detection is carried out using a spectrometric scintillation gamma-ray detector by analysing gamma-ray spectra of inspected objects with fissile materials, which is carried out by the inspecting party in the 2-700 keV spectral range, wherein before authorised inspection, the inspected party generates measurement errors, for which two additional gamma-ray emitters Ce-139 and Cs-137 and a metallic gamma-ray attenuator in form of figures with a variable cross-section, the shape of which is not known to the inspecting party, are placed before the input of the scintillation unit of the scintillation detector of the inspecting party.

EFFECT: anti-intrusive detection of nuclear warheads in missile heads in real authorised inspection conditions.

3 dwg



Изобретение относится к области радиационного контроля с использованием сцинтилляционных детекторов и предназначено для контроля делящихся материалов U-235 и Pu-239, изделий из них и объектов, их содержащих, особо для контроля и определения числа ядерных боезарядов в головках ракет без определения их ингредиентного состава при санкционированных инспекционных проверках ядерных боеприпасов антиинтрузивным способом, исключающим возможность получения проверяющей стороной информации об ингредиентах, входящих в состав ядерных боезарядов и о конструкции ядерных боезарядов проверяемой стороны. Такой способ необходим для контроля за проведением декларируемых проверяемых сокращений ядерных вооружений во исполнение договоров об ограничении стратегических наступательных вооружений (СНВ).

Предлагаемый способ пригоден для санкционированного антиинтрузивного инспекционного обследования (контроля-проверки на месте) боеголовок ракет стратегического назначения, используемых в качестве средств доставки ядерных боезарядов, проводимого во исполнение договоров об ограничении СНВ при взаимоприемлемых, выполняемых проверяющей и проверяемой сторонами условиях:

- информация об ингредиентах ядерных боезарядов, принадлежащих проверяемой стороне, и о конструкциях этих боезарядов должна быть недоступной проверяющей стороне;

- применяется только пассивный метод контроля с использованием сцинтилляционного детектора, способ активного радиационного зондирования ядерных боезарядов по условиям проверки не допускается;
- разрешенный диапазон анализируемого спектра гамма-излучения ограничен и находится в пределах 20-700 кэВ.

Известен способ контроля делящихся материалов (S. Fetter, T.B. Cochran, L. Grodzins, H.L.Lynch, M.S.Zucker / Gamma-Ray Measurements of a Soviet Cruise-Missile Warhead //Science, 18 May 1990, V.248, P.828-834), использованный специалистами из США (проверяющая сторона) при проведении санкционированного контроля головок ракет с ядерными боезарядами на российском крейсере «Слава» - проверяемая сторона. В известном способе контроль осуществляли с использованием сцинтилляционного спектрометрического детектора на основе NaI-Tl или полупроводникового детектора из особо чистого германия. Известный способ позволяет определять наличие объектов и изделий из делящихся материалов U-235 и Pu-239, в том числе наличие (U, Pu) - ядерных боезарядов в головках ракет. Применяемый в этом способе детектор из особо чистого германия, работающий в пассивном спектрометрическом режиме на расстояниях 1,5-6 м зафиксировал наличие четырех линий изотопов урана U-235 при 143,79 и 185,74 кэВ (наиболее интенсивные линии) и при 163,38 и 205,33 кэВ (слабые пики), а также 14 линий изотопов плутония Pu-239; наиболее интенсивные из них зафиксированы при 344,94; 375,02; 392,50+393,12; 413,69 и 451,44 кэВ. При использовании сцинтилляционного детектора на основе NaI-Tl, работающего в спектрометрическом режиме, указанные выше основные наиболее интенсивные линии изотопов урана и плутония также были зафиксированы. Недостатком известного способа контроля делящихся материалов U-235 и Pu-239, который проводился с использованием как сцинтилляционного, так и полупроводникового спектрометра, является то, что он относится к числу интрузивных способов контроля: он не только позволяет установить наличие и число ядерных боезарядов из делящихся материалов в головках ракет, но и определять состав их ингредиентов. Известный способ не может быть применен для

антиинтрузивного контроля делящихся материалов.

Известен способ контроля делящихся материалов (D.Reilly, N.Ensslin. / Nuclear Material Measurement Technologies. P.31-62 в книге Nuclear Safeguards, Security and Nonproliferation, Editor James E. Doyle. Elsevier Publ. 2008, P.31-62) с использованием
 5 работающих в спектрометрическом режиме сцинтилляционного детектора на основе NaI-Tl, или полупроводниковых детекторов на основе CdZnTe, или особо чистого германия. Способ использован для контроля делящихся материалов по спектрам их гамма-излучения, таких материалов, как изотоп урана U-235 (линии 185,7
 10 кэВ 54%, 143,8 кэВ 11%, 163,4 кэВ 5% и 205,3 кэВ 3%) и изотоп плутония Pu-239. Однако известный способ контроля делящихся материалов является интрузивным, он не может быть использован для санкционированного антиинтрузивного контроля делящихся материалов или объектов, их содержащих, и изделий из них, поскольку антиинтрузивный контроль запрещает определять состав ингредиентов делящихся
 15 материалов (в том числе ингредиентов ядерных боезарядов) по спектрам их гамма-излучения.

Известен способ контроля радиоактивных материалов с применением сцинтилляционного детектора на основе NaI-Tl (А.С.Шейн, Л.В.Викторов, Г.А.Кунцевич, А.Л.Крымов, В.Л.Петров. Проблемы спектроскопии и спектрометрии. Межвуз. сб. научн. трудов. УГТУ-УПИ, 2008, вып. 25, с.215-226). Способ предназначен
 20 для обнаружения радиоактивных, в том числе делящихся материалов, по их гамма-излучению для идентификации и оценки активности обнаруженных источников гамма-излучения, а также для осуществления контроля за перемещениями радиоактивных материалов, включая делящиеся материалы и изделия из них. Поскольку делящиеся материалы U-235 и Pu-239 являются гамма-излучателями, известный способ пригоден для контроля этих делящихся материалов. Однако известный способ обнаружения радиоактивных и делящихся материалов не пригоден для осуществления
 25 антиинтрузивного контроля изделий из делящихся материалов, поскольку он не только позволяет определять наличие делящихся материалов, но и позволяет идентифицировать в обнаруженных делящихся материалах изотопы U-235 и Pu-239, то есть позволяет определять состав ингредиентов делящихся материалов.

Известен способ on-site контроля (контроля на месте) ядерных боезарядов в
 35 головках ракет (Robert Mozley / Verifying the Number of Warheads on Multip-warhead Missiles through On-site Inspections // Science and Global Security. 1990. Volume 1. P. 303-321) путем активного радиационного зондирования ядерных боезарядов с помощью дополнительного источника гамма-излучения Co-60, активностью $3 \cdot 10^5$ квант/с путем анализа эффекта поглощения гамма-излучения ядерными боезарядами. При этом регистрацию гамма-излучения ведут с помощью линейки из NaI-Tl - сцинтилляторов. Однако этот способ в связи с повышением уровня радиации опасен для персонала, проводящего контроль, и может быть запрещен условиями договора об инспекции ядерных боезарядов.

Известен способ контроля делящихся материалов и объектов, их
 45 содержащих (Robert Mozley / Verifying the Number of Warheads on Multip-warhead Missiles through On-site Inspections // Science and Global Security. 1990. Volume 1. P.303-321), путем активного радиационного зондирования ядерных боезарядов с использованием дополнительного источника нейтронов для «подсветки» ядерного боезаряда с целью стимуляции в нем ядерной реакции деления, что повышает эффективность его
 50 обнаружения. Однако известный способ увеличивает радиационную опасность для персонала, участвующего в контроле. Способы активного радиационного

зондирования ядерных боезарядов могут быть запрещены условиями договора о санкционированной инспекции.

Наиболее близким к заявляемому является известный способ контроля делящихся материалов U-235 и Pu-239 и объектов, их содержащих, по гамма-излучению делящихся материалов с использованием сцинтилляционного детектора (E.G.Golikov, V.S.Andreev, D.B.Shulgin, I.A.Sadovenko / Collimation influence on scintillation sensitivity of inspection gamma-spectrometer system. Book of Abstracts Int. Conf on Inorg. Scintillators and Their Applications. TU Delft. The Netherlands. 1995, P.74). В известном способе контроля используют сцинтилляционный детектор на основе CsI-Tl, работающий в спектрометрическом режиме (энергетическое разрешение ~ 8% для линии изотопа Cs-137 с энергией 662 кэВ). С помощью этого детектора, работающего в спектрометрическом режиме, с расстояния 3 м при контроле микроколичеств образцов делящихся материалов в диапазоне спектра 100-3000 кэВ были зафиксированы линии изотопа урана U-235 (143 и 185 кэВ) и изотопа плутония Pu-239 (375, 393 и 414 кэВ). Однако известный способ контроля делящихся материалов с применением работающего в спектрометрическом режиме сцинтилляционного детектора на основе CsI-Tl не обеспечивает антиинтрузивности контроля, поскольку позволяет определять по спектрам гамма-излучения изотопы элементов, входящих в состав делящихся материалов (U-235, Pu-239) и в состав объектов (изделий), их содержащих, то есть позволяет определять ингредиентный состав делящихся материалов.

Задачей изобретения является разработка способа контроля делящихся материалов (U-235, Pu-239) и объектов (изделий), их содержащих, с использованием сцинтилляционного детектора, работающего в спектрометрическом режиме, который при проведении санкционированного контроля, проводимого проверяющей и проверяемой сторонами, должен обеспечивать антиинтрузивность контроля, то есть разработка такого способа контроля, который позволяет определять только наличие делящихся материалов и объектов (изделий), их содержащих, без определения ингредиентного состава делящихся материалов.

Эту задачу решает предлагаемый способ контроля делящихся материалов U-235, Pu-239 и объектов (изделий), их содержащих, в том числе контроля U(Pu) - боезарядов в головках ракет, проводимого в рамках санкционированного контроля с помощью спектрометрического сцинтилляционного детектора гамма-излучения путем анализа спектров гамма-излучения проверяемых объектов с делящимися материалами, при этом контроль осуществляет проверяющая сторона в спектральном диапазоне 20-700 кэВ, причем проверяемая сторона перед началом санкционированного инспекционного контроля создает помехи измерениям, для чего устанавливает перед входом сцинтиблока сцинтилляционного детектора, принадлежащего проверяющей стороне, два дополнительных гамма-излучателя Ce-139 и Cs-137 и металлический ослабитель гамма-излучения в виде фигуры с переменным сечением, форма которого неизвестна проверяющей стороне.

Суть изобретения заключается в том, что применение помех в виде дополнительных источников гамма-излучения Ce-139 и Cs-137 и металлического ослабителя гамма-излучения в виде фигуры сложной формы, устанавливаемых проверяемой стороной перед сцинтиблоком сцинтилляционного гамма-спектрометра проверяющей стороны, приводит к резкому искажению спектра регистрируемого гамма-излучения от предполагаемых ингредиентов ядерного боезаряда: урана-235 и Pu-239 и настолько искажает информацию, поступающую от сцинтиблока в спектрометрический канал сцинтилляционного детектора, что определение ингредиентного состава делящихся

материалов становится невозможным. Применение помех обеспечивает антиинтрузивность контроля. Форма металлического ослабителя переменного сечения сложного профиля и тип металла-ослабителя должны быть неизвестны проверяющей стороне во избежание коррекции спектров проверяющей стороной путем

5 компьютерного моделирования. Выбранный допустимый диапазон анализируемого спектра гамма-излучения 20-700 кэВ обусловлен тем, что он включает в себя все необходимые линии гамма-спектра изотопов U-235 и Pu-239, а также гамма-линии используемых в качестве помех дополнительных источников гамма-излучения Ce-139

10 (164 кэВ) и Cs-137(661,7 кэВ).

Примеры осуществления предлагаемого способа контроля приведены для случаев, когда работу выполняли не с реальными ядерными боезарядами, а с их имитаторами в виде образцовых источников U-235 и Pu-239, используемых по отдельности или

15 одновременно.

Способ иллюстрируется следующими примерами выполнения.

Пример 1. Способ контроля делящихся материалов на основе U-235.

Обнаружение имитатора урансодержащего боезаряда проведено с использованием в качестве имитатора боезаряда образцового гамма-источника U-235 активностью

20 $2,25 \cdot 10^5$ квант/с. Контейнер с U-235 был расположен на расстоянии 1 м от

сцинтилляционного детектора, работающего в спектрометрическом режиме. Спектр гамма-излучения образцового источника U-235 приведен на Фиг.1. На Фиг.1 приведен зарегистрированный в диапазоне 20-700 кэВ спектр излучения гамма-источника с U-235, играющего роль имитатора ядерного боезаряда, измеренный в рамках

25 предлагаемого способа. В качестве помех использовали цилиндрический ослабитель из стали Ст-3 толщиной ~ 3 см в виде цилиндра-антиконуса, устанавливаемого между контейнером с U-235 и торцом сцинтиблока сцинтилляционного детектора, а также устанавливаемые непосредственно перед сцинтиблоком дополнительные гамма-

30 излучатели либо один Ce-139 или совместно Ce-139 и Cs-137. На Фиг.1 приведены результаты измерения только с одним дополнительным, создающим помехи гамма-излучателем Ce-139. Из Фиг.1 видно, что основной пик, создаваемый помехой Ce-139, расположен при 164 кэВ, он полностью камуфлирует, закрывает пики U-235 при 142

и 185,9 кэВ. Для сравнения на Фиг.2 приведены спектры того же гамма-источника U-235, измеренные с помощью того же сцинтилляционного гамма-спектрометра, в той же геометрии, но без применения помех. В спектре четко фиксируются пики при 142,0

35 и 185,9 кэВ, принадлежащие изотопу U-235. В низкоэнергетической части спектра зарегистрирован ряд линий, связанных с характеристическим рентгеновским

40 излучением металлических компонент контейнера, в частности с излучением свинца, линия при 84 кэВ. Включение второго дополнительного гамма-излучателя Cs-137 еще более искажает спектр U-235, в спектре доминирует линия 661,7 кэВ при наличии цериевого пика при 164 кэВ. Сравнение гамма-спектров, приведенных на Фиг.1 и

45 Фиг.2, показывает высокую эффективность предлагаемого способа в плане обеспечения антиинтрузивности контроля.

Пример 2. Способ контроля делящихся материалов на основе Pu-239.

Обнаружение имитатора Pu-содержащего боезаряда проведено с использованием образцового стандартного гамма-источника Pu-239 активностью 10^4 квант/с.

50 Геометрия эксперимента была такая же, как и в Примере 1, однако из-за слабой

интенсивности Pu-источника расстояние между ним и сцинтиблоком было уменьшено. Известно, что основные пики в гамма-спектре Pu-239 расположены при 375, 393 и 414 кэВ. Применение помех: ослабителя в виде антиконуса из стали Ст-3 толщиной 1 см и

дополнительного гамма-излучателя Cs-137 привело к полному искажению спектра Pu-имитатора ядерного боезаряда, Фиг.3. Весь диапазон спектра излучения Pu-239 (позиции пиков указаны на Фиг.3 цифрами) перекрывается комптоновским хвостом от гамма-излучателя. Cs-137 (фотопик при 661,7 кэВ). Предлагаемый способ

обеспечивает антиинтрузивность контроля с высокой степенью надежности.

Пример 3. Способ контроля делящихся материалов на примере контроля смеси изотопов U-235 и Pu-239.

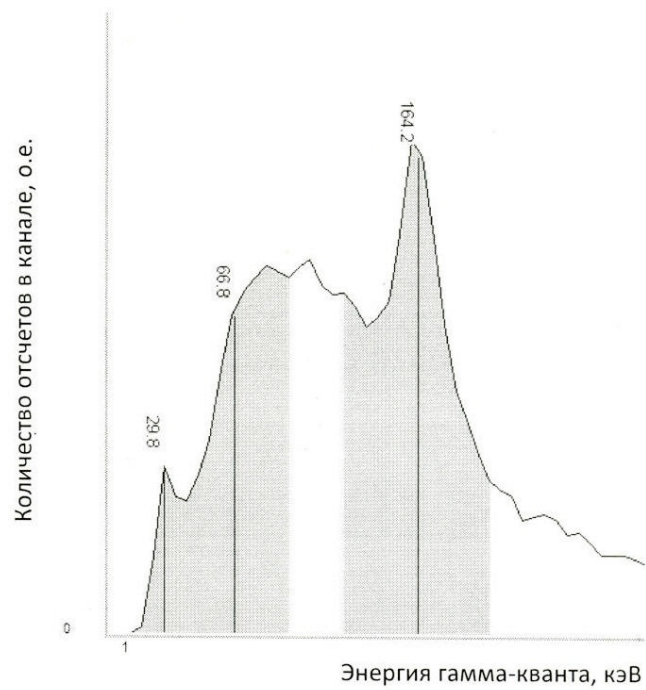
Поскольку априори не известен и не должен быть известен ингредиентный состав ядерного боезаряда, который должен остаться неизвестным и после проведения антиинвазивного санкционированного контроля, в имитаторе ядерного боезаряда предполагается наличие обеих U-Pu компонент. По этой причине в предлагаемом способе, если он осуществляется в полном объеме, для создания помех, нарушающих работу сцинтиблока сцинтилляционного детектора, используют установленные перед ним два дополнительных гамма-источника Ce-139 и Cs-137, искажающие диапазон спектра 20-700 кэВ, а также ослабитель с формой переменного сечения, как в примерах 1 и 2. В результате применения помех спектр гамма-излучения контролируемого имитатора ядерного боезаряда оказывается полностью искаженным. Он похож на спектр, приведенный на Фиг.3. Это обеспечивает антиинтрузивность проведения контроля.

Во всех приведенных примерах предварительно определялось оптимальное положение сцинтилляционного детектора путем перемещения детектора вверх-вниз, вправо-влево до тех пор, пока не будет зафиксирована максимальная скорость счета, соответствующая оптимальной настройке сцинтиблока детектора на центр имитатора ядерного боезаряда. При наличии нескольких ядерных боезарядов в головках ракет реальный контроль на месте (on-site control) осуществляют аналогичным способом, обеспечив сканирующий режим снабженного помехами сцинтилляционного детектора: режим типа подвесной карусели, опускающейся от носа до основания боеголовки ракеты, или режим с набором сцинтилляционных детекторов, размещенных на держателе типа арки, поворачивающейся вокруг вертикальной оси боеголовки.

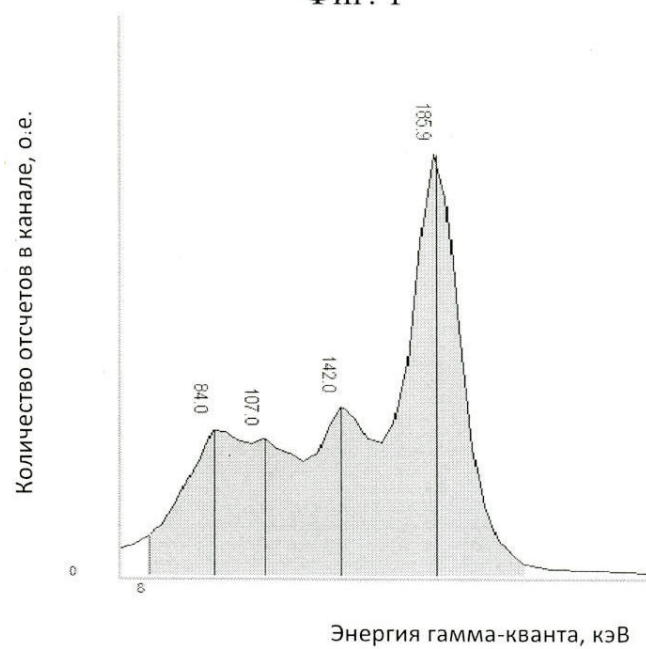
Предлагаемый способ обеспечивает антиинтрузивность контроля ядерных боезарядов в головках ракет в реальных условиях санкционированной инспекции.

Формула изобретения

Способ контроля делящихся материалов U-235 и Pu-239 и объектов их содержащих, в том числе делящихся материалов U(Pu) - боезарядов в головках ракет, проводимого в рамках санкционированного контроля с помощью спектрометрического сцинтилляционного детектора гамма-излучения путем анализа спектров гамма-излучения проверяемых объектов с делящимися материалами, отличающийся тем, что контроль осуществляет проверяющая сторона в спектральном диапазоне 20-700 кэВ, причем проверяемая сторона перед началом санкционированного инспекционного контроля создает помехи измерениям, для чего устанавливает перед входом сцинтиблока сцинтилляционного детектора, принадлежащего проверяющей стороне, два дополнительных гамма-излучателя Ce-139 и Cs-137 и металлический ослабитель гамма-излучения в виде фигуры с переменным сечением, форма которого неизвестна проверяющей стороне.



Фиг. 1



Фиг. 2



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **06.02.2012**

Дата публикации: **27.11.2012**
